Organisme(s) : EDF-R&D/AMA

Manuel d'Utilisation
Fascicule U1.0- : Introduction à *Code_Aster*
Document : U1.05.01

Un exemple d'utilisation du C*ode_Aster* : calcul d'un tuyau coudé

Résumé :

Ce document décrit un exemple simple d'utilisation de *Code_Aster* qui est fourni avec la procédure de téléchargement de *Code_Aster* depuis le site `code-aster.org`.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Données du problème

1.1 Géométrie

L'étude concerne une tuyauterie comprenant deux tuyaux droits et un coude [Figure 1.1-a].

Les données géométriques du problème sont les suivantes :

- la longueur L_G des deux tuyaux droits est de 3 m,
- le rayon Rc du coude est de 0.6 m,
- l'angle θ du coude est de 90 degrés,
- l'épaisseur des tuyaux droits et du coude est de 0.02 m,
- et le rayon extérieur Re des tuyaux droits et du coude est de 0.2 m.

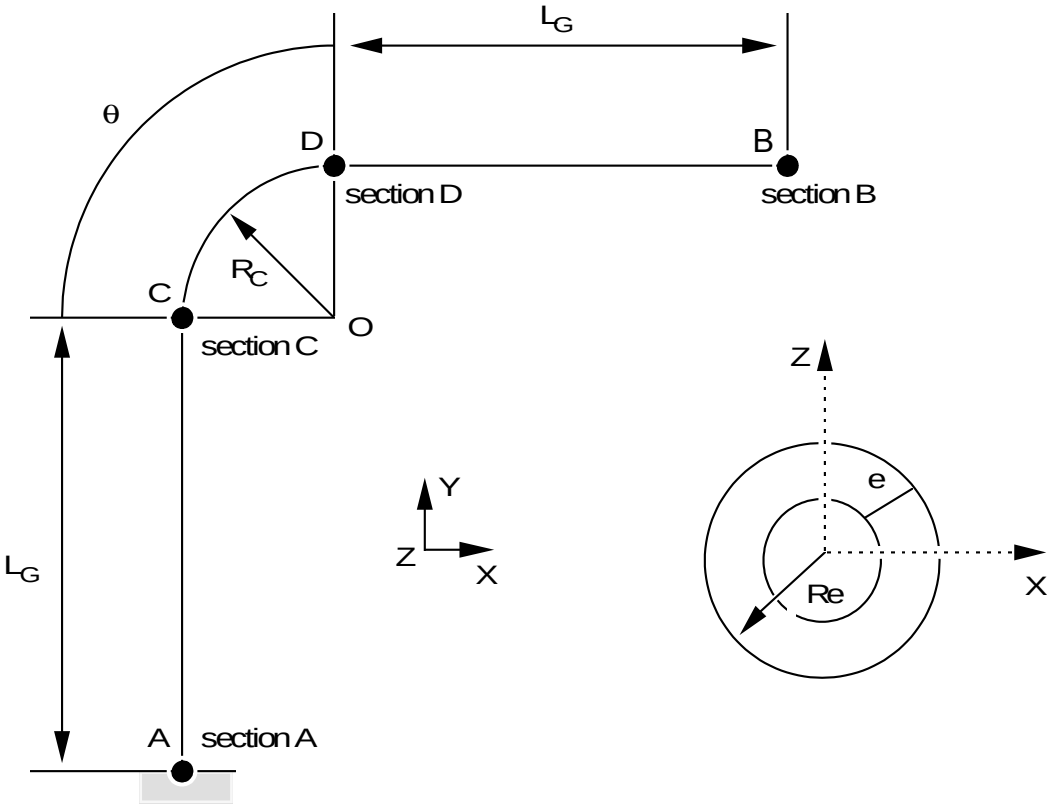


Figure 1.1-a

Remarque :

La géométrie du problème présente une symétrie par rapport au plan (A,X,Y).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1.2 Chargement

Les conditions aux limites sont les suivantes :

- il y a encastrement au niveau de la section A,

Le chargement appliqué est une force constante FY = 100 000 N dirigée selon l'axe Y et appliquée sur la section B,

1.3 Caractéristiques matériau

Les propriétés du matériau sont celles de l'acier A42 :

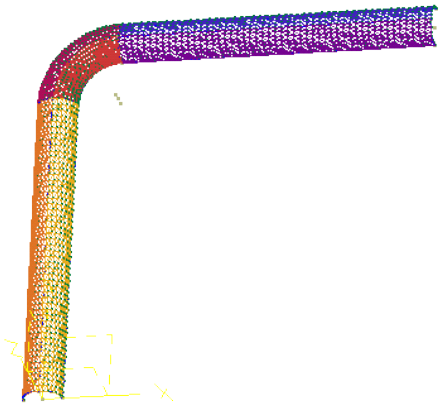
- le module d'Young E = 204 000. E+6 N/m^2,
- le coefficient de Poisson ν = 0.3.

2 Modélisation du problème

On peut modéliser le problème par des éléments de coque DKT .

2.1 Maillage GMSH

Dans le cas de la modélisation en éléments coques, le maillage consiste en la discrétisation de la surface moyenne de la tuyauterie. La géométrie étant symétrique par rapport au plan (A,X,Y), on ne maillera qu'une demi surface. Le maillage devra être suffisamment fin pour obtenir une solution précise (les éléments DKT à 3 nœuds ayant une interpolation d'ordre 1 en membrane).



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Nous proposons le fichier geo de GMSH produisant ce maillage :

```
//////////////////////////////////////////////////////////////
// Maillage du tuyau coudé pour gmsh 1.60
//////////////////////////////////////////////////////////////
// Variables
Rext = 0.2 ;
Ep = 0.02 ;
Rm = Rext - (Ep/2.) ;
RC = 0.6     ;
LG = 3.0    ;

h = 0.04;

Point(1) = {RC, LG, 0., h};
Point(2) = {RC, LG, 0.1, h};
Point(3) = {(-1*Rm), 0, 0, h};
Point(4) = {0, 0, Rm, h};
Point(5) = {Rm, 0, 0, h};
Point(6) = {0, 0, 0, h};


Circle(1) = {3,6,4};
Circle(2) = {4,6,5};

// 1er tuyau droit
Extrude Line {2, {0,LG,0}}
             {Layers{50,90,1};  };
Extrude Line {1, {0,LG,0}}
             {Layers{50,91,1};  };

// Coude
Extrude Line {3, {0,0,1}, {RC,LG,0.}, -(Pi/2)}
             {Layers{30,93,1};  };
Extrude Line {7, {0.,0.,1.}, {RC,LG,0.}, -(Pi/2)}
             {Layers{30,94,1};  };

// 2eme tuyau droit
Extrude Line {11, {LG,0,0}}
             {Layers{50,95,1}; Recombine; };
Extrude Line {15, {LG,0,0}}
             {Layers{50,96,1}; Recombine; };

Coherence;

Physical Line(27) = {2,1};
Physical Line(28) = {23,19};
Physical Line(29) = {24,16,8,5,13,21};
Physical Surface(30) = {90,91,93,94,95,96};
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
Physical Point(31) = {3};
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2.2 Commandes Aster

Les tuyaux droits et le coude seront modélisés par des éléments de coque (DKT).

La tuyauterie est encastrée en sa base, sur tous les nœuds situés dans le plan Y=0. La tuyauterie présente un plan de symétrie Z=0.

- Un effort réparti F* dirigée selon l'axe Y et appliquée à la section B, (l'effort réparti est tel que $2\Pi\ R_{moy}F^*$ = la force totale que l'on désire appliquer).

  On calculera le champ de contraintes par élément aux nœuds (SIGM_ELNO_DEPL *), pour chaque cas de charge. Utiliser* NIVE_COUCHE *pour définir le niveau de calcul dans l'épaisseur*

Les principales étapes du calcul avec *Aster* sont :

- Maillage.
- Définition des éléments finis utilisés (AFFE_MODELE).

  On utilisera les groupes de mailles issus du maillage.
- Définition et affectation du matériau (DEFI_MATERIAU et AFFE_MATERIAU).

  Les caractéristiques mécaniques sont identiques sur toute la structure.
- Affectation des caractéristiques des éléments coques (AFFE_CARA_ELEM) avec notamment l'épaisseur et le vecteur V définissant le repère de dépouillement (mot-clé ANGL_REP). On peut prendre par exemple V=Oz.
- Définition des conditions aux limites et des chargements (AFFE_CHAR_MECA).
- Résolution du problème élastique pour chaque cas de charge (MECA_STATIQUE).

  Calcul du champ de contraintes par éléments aux nœuds pour chaque cas de charge (option 'SIGM_ELNO_DEPL').
- Impression des résultats (IMPR_RESU).

  On imprimera sous forme listing le déplacement moyen sur la section B ainsi que les valeurs maximales du tenseur de contraintes.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2.3 Les commandes à la loupe

Nous allons maintenant détailler les commandes nécessaires à la réalisation du calcul envisagé.

Fichier de Commandes	Explications

`# TITRE TUYAUTERIE COMPORTANT UN COUDE`
`#  MODELISATION PAR DES ELEMENTS COQUES DKT`
`#  PRODUIT PAR GMSH`
	Les commentaires sont précédés du signe #,

`DEBUT ( ) ;`	Commande obligatoire pour commencer...
`PRE_GMSH() ;`	Le maillage est au format GMSH
`MAIL = LIRE_MAILLAGE ( ) ;`	Lecture du maillage dans le fichier de maillage, et création du concept MAIL contenant le maillage au format Aster
`# Définition des éléments finis utilisés`	Un modèle est un concept contenant les types d'éléments finis utiles au calcul
`MODMECA=AFFE_MODELE(MAILLAGE=MAIL,`	Associe les mailles du maillage des groupes GM30 et GM28
`AFFE=_F(GROUP_MA=('GM30','GM28',),` **`PHENOMENE='MECANIQUE',`** **`MODELISATION='DKT',),);`**	à des éléments finis mécaniques de type coque DKT
`# Orientation des normales aux coques rentrantes dans le GM30`	
`MAIL=MODI_MAILLAGE(reuse =MAIL,`	Modifier le maillage MAIL
`MAILLAGE=MAIL,`	
`ORIE_NORM_COQUE=_F (`	en orientant les normales
`GROUP_MA='GM30',`	du groupe GM30
`VECT_NORM=(1.0,0.0,0.0,),`	suivant la normale (1,0,0)
`GROUP_NO='GM31',),`	définie sur le nœud GM31
`MODELE=MODMECA,);`	Sur le modèle MODMECA
`# Définition du matériau`	
`ACIER=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=204000000000.0,` **`NU=0.3,),);`**	Les caractéristiques de chaque matériau constituant le maillage sont fournies module d'Young et coefficient de Poisson
`CHMAT=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,`	Sur le maillage MAIL

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

AFFE=_F(TOUT='OUI	et sur toutes les mailles
',	
MATER=ACI	on affecte le matériau ACIER
ER,),);	
# Caractéristiques des coques	
CARA_COQ=AFFE_CARA_ELEM(	On change les caractéristiques élémentaires
MODELE=MODMECA,	Sur le modèle MODMECA
COQUE=_F(	des coques
GROUP_MA=('GM30','	définies dans les groupes GM30 et GM28
GM28',),	
EPAIS=0.02,	par une épaisseur de coque de 0.2
ANGL_REP=(0.0,90.0	avec un repère local (utile dans le
,),),);	post-traitement)
# Définition des conditions aux limites	

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
BLOCAGE=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODMECA
,
                       DDL_IMPO=(
                    _F(GROUP_MA='GM27',
                       DX=0.0,
                       DY=0.0,
                       DZ=0.0,
                       DRX=0.0,
                       DRY=0.0,
                       DRZ=0.0,),
                    _F(GROUP_MA='GM29',
                       DZ=0.0,
                       DRX=0.0,
                       DRY=0.0,),),);

# Définition du chargement
FYTOT = 100000.0;
EPTUB = 0.02;
REXT = 0.2;


RMOY=REXT - EPTUB/2

FYREP=FYTOT/2./PI/RMOY

CHARG1=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODMECA,
         FORCE_ARETE=_F(GROUP_MA='GM2
8',
         FY=FYREP,),);

# Résolution


RESU1=MECA_STATIQUE(
          MODELE=MODMECA
          CHAM_MATER=CHMAT,
          CARA_ELEM=CARA_COQ,

          EXCIT=(_F(CHARGE=BLOCAGE,),
                 _F(CHARGE=CHARG1,),)
,);

# Calcul des contraintes
RESU1=CALC_ELEM(reuse =RESU1,

                OPTION='SIGM_ELNO_DEP
L',
                RESULTAT=RESU1,);
```

Pour le modèle MODMECA

Les nœuds du groupe de mailles GM27 sont encastrés

et les nœuds du groupe de mailles GM29 sont tels que DZ=0, DRX=0 et DRY=0

Définition de la constante force totale
Définition de la constante épaisseur du tube
Définition de la constante rayon extérieur du tube

Calcul du rayon moyen du tube

Calcul de la force totale à appliquer

Affectation sur le modèle MODMECA
D'une force sur l'arête GM28

de valeur FYREP

Commande globale de résolution des problèmes
statiques en thermo élasticité linéaire
RESU1 est le nom du concept résultat
Le modèle MODMECA
Le champ de matériau CHMAT
Les caractéristiques élémentaires (coques) CARA_COQ
Les conditions limites BLOCAGE
Le chargement CHARG1

reuse=RESU1 signifie que l'on « enrichit » le concept
sur le modèle MODMECA

avec le champ de matériau CHMAT

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

et les caractéristiques élémentaires CARA_COQ
on calcule 'SIGM_ELNO_DEPL'
signifiant
« contraintes calculées aux nœuds de chaque élément à partir des déplacements »

```
# Impression des résultats pour
visualisation avec GMSH

DEFI_FICHIER( ACTION='ASSOCIER',
              UNITE=37,)
```

Définition de l'unité logique pour le fichier GMSH

```
IMPR_RESU(MODELE=MODMECA,
          FORMAT='GMSH', UNITE=37,
          RESU=_F(RESULTAT=RESU1,
                  NOM_CHAM=('DEPL',
'SIGM_ELNO_DEPL',),)
         )
```

On imprime des résultats
provenant du modèle MODMECA
les résultats sont
au format GMSH
et sont les déplacements
imprimés dans l'unité logique associé au fichier 'POST'
et proviennent de RESU1
au format GMSH
et sont les contraintes aux nœuds
imprimés dans l'unité logique associé au fichier 'POST'
et proviennent de RESU1

```
DEFI_FICHIER(ACTION='LIBERER',
             UNITE=37)

# Créer un groupe
MAIL=DEFI_GROUP(
                reuse =MAIL,

                MAILLAGE=MAIL,
                CREA_GROUP_NO=_F(
                  GROUP_MA='GM28',),)
;
# Créer une table
TABDEP1=POST_RELEVE_T(ACTION=_F(

                 INTITULE='DEPB1',
                 GROUP_NO='GM28',
                 RESULTAT=RESU1,
                 NOM_CHAM='DEPL',
                 TOUT_CMP='OUI',
                 OPERATION='MOYENNE',
),);
# Imprimer une table
```

Fermeture de l'unité logique

Un nouveau groupe
reuse=MAIL signifie que l'on « enrichit » le concept maillage
A partir du maillage MAIL
on crée un group de nœuds
provenant des mailles GM28

On crée une table TABDEP1 en post-traitement
dont le nom est 'DEPB1'
qui s'appuie sur le groupe GM28
et sur les résultats RESU1
on veut les déplacements
pour toutes les composantes
et la moyenne

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

IMPR_TABLE(TABLE=TABDEP1,	on imprime la table TABDEP1
FILTRE=_F(NOM_PARA='QUANTITE',	on veut la quantité
CRIT_COMP='EQ',	qui vaut exactement
VALE_K='MOMENT_0',),	le moment d'ordre 0
NOM_PARA='DY',);	sur le déplacement suivant y
	...
FIN();	Commande obligatoire pour clore une exécution

3 Visualisation à l'aide de GMSH

Avec la version 7.4 du *Code_Aster*, l'impression directe des résultats au format GMSH est possible.
On imprimera sur le fichier SIGM de numéro d'unité logique 37 les contraintes (composantes SIYY seulement) pour le post-traitement avec GMSH. Cette composante représente en fait la composante axiale tout le long de la tuyauterie (à cause de l'orientation choisie dans AFFE_CARA_ELEM) :

```
IMPR_RESU(MODELE=MODMECA,
          FORMAT='GMSH',
          UNITE=37,
          RESU=(_F(RESULTAT=RESU1,
                   NOM_CHAM='SIGM_ELNO_DEPL',
                   NOM_CMP=('SIXX','SIYY',),
                  ),
                ),
         )
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Comparaison des résultats obtenus

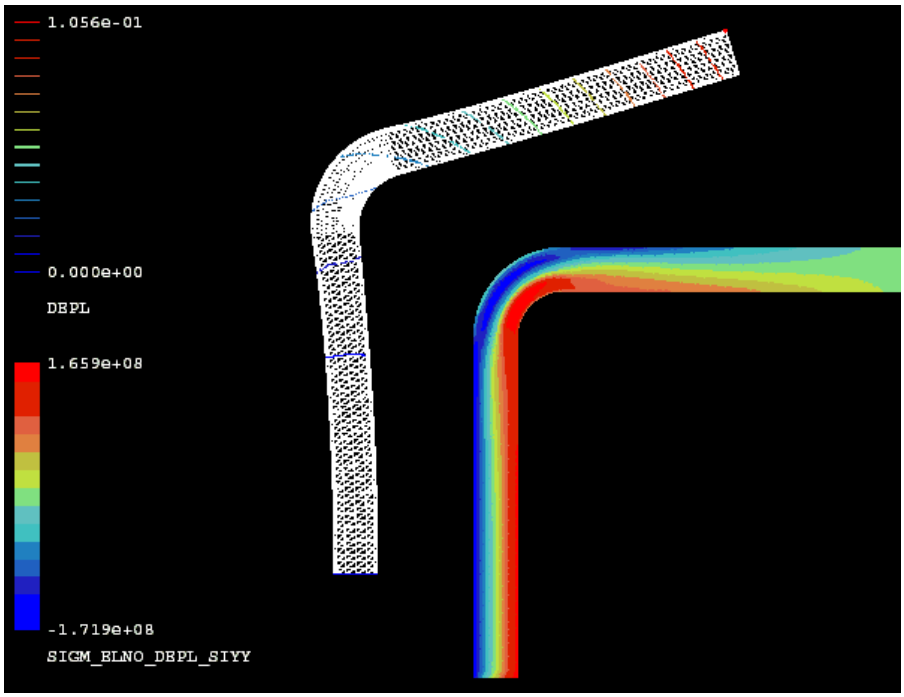
Les résultats obtenus par cette modélisation peuvent être comparés à ceux obtenus par d'autres modélisation du même problème :

Pour le **chargement de force constante FY** appliquée sur la section B, on compare le déplacement au point B pour les différentes modélisations.

Le tableau suivant donne, pour différentes modélisations, des valeurs indicatives obtenues pour des raffinements moyens des maillages :

	Chargement force constante FY		
Modélisation	DX	DY	DRZ
poutre flexibilité = 1	–2.657E–02	6.702E–02	2.097E–02
poutre flexibilité RCCM	–2.983E–02	1.156E–01	3.530E–02
tuyau	–2.935E–02	1.083E–01	3.326E–02
Coque (déplacement moyen)	–2.891E–02	1.053E–01	3.242E–02
3D (déplacement moyen)	–2.907E–02	1.065E–01	–

Le graphe suivant présente la déformée et les isovaleurs de contraintes axiales visualisées à l'aide de GMSH.



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Page laissée intentionnellement blanche.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)